



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년05월26일

(11) 등록번호 10-2403159

(24) 등록일자 2022년05월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B60W 40/068 (2012.01) B60W 40/107 (2012.01)

B60W 40/109 (2012.01) B60W 40/114 (2012.01)

(52) CPC특허분류

B60W 40/068 (2013.01)

B60W 40/107 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0181712

(22) 출원일자 2020년12월23일

심사청구일자 2020년12월23일

(56) 선행기술조사문헌

JP2010001963 A*

KR1020040064407 A*

US20020042671 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국기술교육대학교 산학협력단

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)

(72) 발명자

유승한

서울특별시 강남구 도곡로78길 22 대치삼성아파트 109동 404호

김한별

인천광역시 연수구 새말로 20 성일아파트 505동 208호

(74) 대리인

이관호, 문종화

전체 청구항 수 : 총 6 항

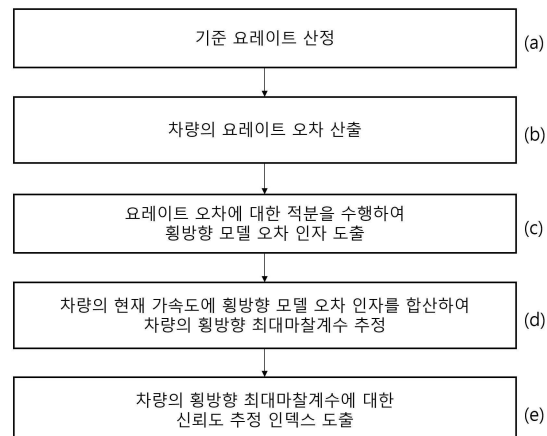
심사관 : 황기연

(54) 발명의 명칭 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법

(57) 요약

본 발명에 따른 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법은, 기준 요레이트를 산정하는 (a)단계, 차량의 요레이트 오차를 산출하는 (b)단계, 상기 요레이트 오차에 대한 적분을 수행하여 횡방향 모델 오차 인자를 도출하는 (c)단계 및 차량의 현재 가속도에 상기 횡방향 모델 오차 인자를 합산하여 차량의 횡방향 최대마찰계수를 추정하는 (d)단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B60W 40/109 (2013.01)
B60W 40/114 (2013.01)
B60W 2520/105 (2013.01)
B60W 2520/125 (2013.01)
B60W 2520/14 (2013.01)
B60W 2530/10 (2013.01)
B60W 2552/40 (2020.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345323366
과제번호	LINCPLUS-2020-45
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	산학협력고도화지원(R&D)
연구과제명	사회맞춤형산학협력선도대학(LINC+)육성(0.5)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국기술교육대학교 산학협력단
연구기간	2020.06.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711067022
과제번호	2017R1A1A1A05069503
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	능수동 통합안전을 위한 건설 차량 거동 추정 및 이른 전복 예측
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국기술교육대학교 산학협력단
연구기간	2017.09.21 ~ 2020.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

기준 요레이트를 산정하는 (a)단계;

차량의 요레이트 오차를 산출하는 (b)단계;

상기 요레이트 오차에 대한 적분을 수행하여 횡방향 모델 오차 인자를 도출하는 (c)단계; 및

차량의 현재 가속도에 상기 횡방향 모델 오차 인자를 합산하여 차량의 횡방향 최대마찰계수를 추정하는 (d)단계;

을 포함하고,

또한, 상기 (a)단계는,

정상상태 요레이트를 산출하는 (a-1)단계; 및

상기 정상상태 요레이트에 외란 관측기를 반영하여 상기 기준 요레이트를 산정하는 (a-2)단계;

를 포함하며,

한편, 상기 (a-2)단계에서,

상기 외란 관측기는, 기 설정된 기준에 따라 시간변화율이 작은 환경변화요소를 별도로 분류하고, 상기 정상상태 요레이트에 외란으로 반영하도록 하는,

차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (c)단계는,

임의의 적분 기준값을 설정하는 (c-1)단계; 및

상기 적분 기준값을 고려하여 상기 요레이트 오차에 대한 적분을 수행함에 따라 횡방향 모델 오차 인자를 도출하는 (c-2)단계;

를 포함하는,

차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 (d)단계 이전에 수행되는,

차량의 현재 가속도를 산출하는 (ex)단계를 더 포함하는,

차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 (ex)단계는,

차량의 무게중심위치에서 측정한 종방향 가속도를 산출하는 (ex-1)단계;

차량의 무게중심위치, 차량의 전륜 및 차량의 후륜 위치에서 측정한 횡방향 가속도를 산출하는 (ex-2)단계;

상기 (ex-2)단계에서 산출된 차량의 무게중심위치, 차량의 전륜 및 차량의 후륜 위치 각각에서의 횡방향 가속도의 중간값을 산출하여 최종 횡방향 가속도를 산출하는 (ex-3)단계; 및

상기 종방향 가속도와 상기 최종 횡방향 가속도의 벡터합을 통해 차량의 현재 가속도를 산출하는 (ex-4)단계;

를 포함하는,

차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 (d)단계 이후에 수행되는,

상기 (d)단계에 의해 추정된 차량의 횡방향 최대마찰계수에 대한 신뢰도 추정 인덱스를 도출하는 (e)단계를 더 포함하는,

차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 (e)단계는,

상기 신뢰도 추정 인덱스를 기반으로, 신뢰도가 상승할 경우에는 신뢰도 상승률의 제한을 적용하지 않으며, 신뢰도가 하락할 경우에는 기 설정된 기준에 따라 신뢰도 하락률의 제한을 적용하는,

차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 차량 센서만을 활용하여 차량의 횡방향 최대마찰계수를 높은 정밀도 및 신뢰도로 추정할 수 있도록 하는 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 차량이 선회하는 경우 등과 같은 다양한 상황에 있어, 차량의 주행 구동력을 휠에 전달하고, 또한 차량의 그립력을 확보하기 위해 노면의 마찰계수를 추정하는 것이 무엇보다 중요하다.

[0003] 특히 선회 상황에서 차량의 미끄러짐을 감지한 후 노면의 마찰계수를 산출하여 제어를 개시할 경우에는 산출 과정에 의한 딜레이가 발생하게 되므로, 차량에 미끄러짐이 발생할 시점을 예측하여 제어를 수행하는 것이 가장 바람직하다.

[0004] 그리고 이를 위해서는 차량이 주행하고 있는 노면의 마찰계수를 정확히 알아야 할 필요가 있다.

[0005] 종래에는 이와 같은 노면 마찰계수를 추정하기 위한 다양한 방법이 제시되고 있으나, 신뢰성이 높으며 원가 대비 양산성이 확보된 연구는 아직 부족한 상황이다.

[0006] 한국공개특허 제10-2014-0111453호에는 노면의 반사율을 측정하여 노면의 마찰계수를 산출하는 방법에 대해 제

시하고 있으나, 이는 노면의 노후 상태, 노면의 재질을 비롯하여 계절에 따라 노면에 얼음이 생성되었을 경우 등과 같이 다양한 환경 요소에 의해 큰 오차가 발생하게 되는 문제가 있다.

[0007] 따라서 이와 같은 문제점들을 해결하기 위한 방법이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2014-0111453호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 발명으로서, 차량의 횡방향 최대마찰계수를 높은 정밀도 및 신뢰도로 추정할 수 있도록 하는 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법을 제공하기 위한 목적을 가진다.

[0010] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법은, 기준 요레이트를 산정하는 (a)단계, 차량의 요레이트 오차를 산출하는 (b)단계, 상기 요레이트 오차에 대한 적분을 수행하여 횡방향 모델 오차 인자를 도출하는 (c)단계 및 차량의 현재 가속도에 상기 횡방향 모델 오차 인자를 합산하여 차량의 횡방향 최대마찰계수를 추정하는 (d)단계를 포함한다.

[0012] 이때 상기 (a)단계는, 정상상태 요레이트를 산출하는 (a-1)단계 및 상기 정상상태 요레이트에 외란 관측기를 반영하여 상기 기준 요레이트를 산정하는 (a-2)단계를 포함할 수 있다.

[0013] 그리고 상기 (a-2)단계에서, 상기 외란 관측기는, 기 설정된 기준에 따라 시간변화율이 작은 환경변화요소를 별도로 분류하고, 상기 정상상태 요레이트에 외란으로 반영하도록 할 수 있다.

[0014] 또한 상기 (c)단계는, 임의의 적분 기준값을 설정하는 (c-1)단계 및 상기 적분 기준값을 고려하여 상기 요레이트 오차에 대한 적분을 수행함에 따라 횡방향 모델 오차 인자를 도출하는 (c-2)단계를 포함할 수 있다.

[0015] 한편 본 발명은 상기 (d)단계 이전에 수행되는, 차량의 현재 가속도를 산출하는 (ex)단계를 더 포함할 수 있다.

[0016] 이때 상기 (ex)단계는, 차량의 무게중심위치에서 측정한 종방향 가속도를 산출하는 (ex-1)단계, 차량의 무게중심위치, 차량의 전륜 및 차량의 후륜 위치에서 측정한 횡방향 가속도를 산출하는 (ex-2)단계, 상기 (ex-2)단계에서 산출된 차량의 무게중심위치, 차량의 전륜 및 차량의 후륜 위치 각각에서의 횡방향 가속도의 중간값을 산출하여 최종 횡방향 가속도를 산출하는 (ex-3)단계 및 상기 종방향 가속도와 상기 최종 횡방향 가속도의 벡터합을 통해 차량의 현재 가속도를 산출하는 (ex-4)단계를 포함할 수 있다.

[0017] 그리고 본 발명은 상기 (d)단계 이후에 수행되는, 상기 (d)단계에 의해 추정된 차량의 횡방향 최대마찰계수에 대한 신뢰도 추정 인덱스를 도출하는 (e)단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 이때 상기 (e)단계는, 상기 신뢰도 추정 인덱스를 기반으로, 신뢰도가 상승할 경우에는 신뢰도 상승률의 제한을 적용하지 않으며, 신뢰도가 하락할 경우에는 기 설정된 기준에 따라 신뢰도 하락율의 제한을 적용할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 상기한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법은, 차량 센서만을 활용하여 정밀하고 신뢰도가 높은 최대마찰계수 추정 성능을 확보할 수 있는 장점이 있다.

[0020] 또한 본 발명은 신뢰도 있는 최대마찰계수 추정을 통해 ABS/TCS/ESC 측면에서의 샤시 제어 성능을 개선하고, 더

불어 SCC/AEB/LKAS등 ADAS제어 성능을 개선할 수 있다.

[0021] 그리고 본 발명은 신뢰도 있는 최대마찰계수 추정을 통해 자율주행 시 차량 안정성을 확보하고, 한계 성능을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

[0022] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법의 각 과정을 나타낸 도면;

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법에 있어서, 기준 요레이트를 산정하기 위한 차량의 개략적인 횡방향 모델을 나타낸 도면;

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법에 있어서, 요레이트 에러를 횡방향 최대마찰계수 추정 목적에 맞도록 보상 맵을 적용한 그래프와, 이를 적분한 값을 횡방향 모델 오차 인자로 도출한 그래프를 나타낸 도면;

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법에 있어서, 차량의 현재 가속도를 산출하는 과정을 나타낸 도면;

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법에 있어서, 차량의 각 위치에서 측정되는 횡가속도를 그래프로 나타낸 도면; 및

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법에 있어서, 신뢰도 추정 인덱스를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하 본 발명의 목적이 구체적으로 실현될 수 있는 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 본 실시예를 설명함에 있어서, 동일 구성에 대해서는 동일 명칭 및 동일 부호가 사용되며 이에 따른 부가적인 설명은 생략하기로 한다.

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법의 각 과정을 나타낸 도면이다.

[0026] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 횡방향 최대마찰계수 추정방법은 기준 요레이트를 산정하는 (a)단계와, 차량의 요레이트 오차를 산출하는 (b)단계와, 요레이트 오차에 대한 적분을 수행하여 횡방향 모델 오차 인자를 도출하는 (c)단계 및 차량의 현재 가속도에 횡방향 모델 오차 인자를 합산하여 차량의 횡방향 최대마찰계수를 추정하는 (d)단계와, (d)단계에 의해 추정된 차량의 횡방향 최대마찰계수에 대한 신뢰도 추정 인덱스를 도출하는 (e)단계를 포함한다.

[0027] 이하에서는 이들 각 단계에 대해 자세히 설명하도록 한다.

[0028] 한편 이하 각 설명에 있어서 초기 파라미터 값들은 차량의 센서부로부터 측정될 수 있다. 이와 같은 센서부는 차량의 휠 속도, 종가속도/횡가속도, 요레이트, 조향각 등을 센싱하는 각각의 센서를 포함할 수 있다.

[0029] (a)단계에서는 요레이트 에러 산출을 위한 기준 요레이트를 산정하는 과정이 수행된다. 그리고 도 2에는, 이와 같은 기준 요레이트를 산정하기 위한 차량의 개략적인 횡방향 모델이 도시된다.

[0030] 이때 도 2에 도시된 각 파라미터는 이하와 같이 정의될 수 있다.

[0032] β : 차량의 횡슬립각, r : 차량 요레이트 산출식, m : 차량의 질량,

[0033] V_x : 차량의 종방향 속도, F_l : 전륜 타이어 횡력, F_r : 후륜 타이어 횡력,

[0034] I_z : 차량의 Yaw방향 회전 관성, l_f : 차량의 무게중심 위치에서 전륜 타이어까지 거리, l_r : 차량의 무게중심 위치에서 후륜 타이어까지 거리,

[0035] C_l : 전륜 타이어 코너링 강성, C_r : 후륜 타이어 코너링 강성, δ : 조향각

[0037] 여기서 차량의 횡방향 모델을 기준으로 하여 횡방향 힘 평형식과, Yaw 모멘트 평형식은 각각 이하의 수학적 1

및 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$mv_x \left(\frac{d\beta}{dt} + r \right) = F_f + F_r$$

[0039]

수학식 2

$$I_z \frac{dr}{dt} = l_f F_f - l_r F_r$$

[0041]

[0043] 여기서 선형 타이어 힘을 적용하면 $F_f = c a_f$, $F_r = c_r a_r$ 이므로, 차량의 기준 모델은 이하의 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$\begin{bmatrix} \dot{\beta} \\ \dot{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{C_f + C_r}{mv_x} & -1 + \frac{C_r l_r - C_f l_f}{mv_x^2} \\ \frac{C_r l_r - C_f l_f}{I_z} & -\frac{C_f l_f^2 + C_r l_r^2}{I_z v_x} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{C_f}{mv_x} \\ \frac{C_f l_f}{I_z} \end{bmatrix} \delta$$

[0045]

[0047] 한편 본 실시예에서 구체적으로 (a)단계는, 위와 같은 수식 3으로부터 정상상태(Steady-State) 요레이트(r_{ss})를 산출하는 (a-1)단계와, 정상상태 요레이트에 실제 요레이트와의 차이를 모두 외란(w)으로 간주하는 외란 관측기를 적용하여 기준 요레이트(r_{ref})를 산정하는 (a-2)단계를 포함할 수 있다.

[0048] 구체적으로 (a-1)단계에서는, 이하의 수학식 4를 통해 정상상태 요레이트를 산출할 수 있다.

수학식 4

$$r_{ss} = \frac{1}{1 - \frac{C_f l_f - C_r l_r}{(l_f + l_r)^2 C_f C_r} m V_x^2} \frac{V_x}{l_f + l_r} \delta_f$$

[0050]

[0052] 또한 (a-2)단계에서는, 이하의 수학식 5를 통해 기준 요레이트를 산출하게 된다.

수학식 5

$$\begin{bmatrix} \dot{r}_{ref} \\ \dot{w} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T(v_x)} & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{ref} \\ w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{T(v_x)} \\ 0 \end{bmatrix} r_{ss} + L(r - r_{ref})$$

[0054]

[0056] 그리고 수학식 4 및 수학식 5에 나타난 각 파라미터는 다음과 같이 정의될 수 있다.

[0057] w: 요레이트 외란, 실차 요레이트와 기준 요레이트(r_{ref}) 차이를 적분하여 산출함

[0058] r_{ref} : 최대마찰계수 추정을 위한 기준 요레이트, 정상상태 요레이트(r_{ss})와 외란(w)의 입력을 적분해서 산출함.

$$\begin{bmatrix} L1 \\ L2 \end{bmatrix}$$

[0059] : 관측기 게인 =

[0060] $T(v_x)$: 1차 시간지연 계수 (차속 v_x 에 대한 룩업 테이블로 결정)

[0061] r: 실차 요레이트

[0063] 즉 이와 같은 외란관측기를 사용하여 코너링 강성, 차량질량 변화, 도로 횡경사 등과 같은 환경 변화에 견실하고 횡방향 최대마찰계수 추출에 용이한 기준 요레이트 산출식을 도출하게 된다.

[0064] 이때 시간에 대해 느리게 변화하는 환경 변화는 w로 별도 산출하고, 이를 고려한 기준 요레이트를 산출하여 환경 변화에 대한 민감도를 축소시킬 수 있다.

[0065] 즉 (a-2)단계에서, 외란 관측기는 기 설정된 기준에 따라 시간변화율이 작은 환경변화요소를 별도로 분류하고, 정상상태 요레이트에 외란으로 반영하도록 한다. 이는 요레이트 추정치가 요레이트 센서값 변화를 따라가지 못할 경우, 즉 타이어 횡력 비선형성이 급격히 커지는 구간에서 예러가 발생하게 되기 때문이다.

[0066] 더불어 횡방향 최대마찰계수 산출의 측면에서 확실하고 급격하게 기준 모델과 실제 요레이트 차이가 커지는 상황에서만 오차가 발생되도록 하여 기준 요레이트(r_{ref})가 산출되도록 외란 관측기의 게인 L을 설계할 수 있다.

[0067] 그리고 이상과 같은 외란 관측기를 통해, (b)단계에서는 정상 상태의 기준 모델의 오차를 보상하여, 요레이트

오차를 산출한다.

- [0068] 다음으로, 요레이트 오차에 대한 적분을 수행하여 횡방향 모델 오차 인자를 도출하는 (c)단계가 수행된다. 본 단계에서는 물리적인 요레이트 모델과 차량에서 측정한 요레이트 센서 값 차이를 분석하여 횡방향 모델 오차 (Available Friction) 인자를 도출하게 된다.
- [0069] 또한 본 단계에서는 주행 상황에 민감하게 변화하는 요레이트 에러 보다는, 요레이트 에러를 횡방향 최대마찰계수 추정 목적에 맞도록 보상 맵을 적용해 변형하고, 이를 적분한 값을 횡방향 모델 오차 인자로 도출하여 횡방향 최대마찰계수를 결정하는 주요 인자로 결정한다.
- [0070] 이때 오차가 크면 현재 가속도에서 횡방향 최대마찰계수 값과 횡방향 모델 오차 인자의 차이가 적고, 오차가 작으면 현재 횡방향 최대마찰계수 값과 횡방향 모델 오차 인자의 차이가 크게 된다.
- [0071] 그리고 본 실시예에서 (c)단계는, 임의의 적분 기준값을 설정하는 (c-1)단계와, 적분 기준값을 고려하여 요레이트 오차에 대한 적분을 수행함에 따라 횡방향 모델 오차 인자를 도출하는 (c-2)단계를 포함할 수 있다.
- [0072] 도 3에는, 요레이트 에러를 횡방향 최대마찰계수 추정 목적에 맞도록 보상 맵을 적용한 그래프(A)와, 이를 적분한 값을 횡방향 모델 오차 인자로 도출한 그래프(B)가 각각 도시된다.
- [0073] 즉 도 3의 (A) 그래프와 같이 임의의 적분 기준값을 설정하고, 요레이트 에러 값이 적분 기준값보다 작으면 음수, 크면 양수인 것으로 간주한다. 이는 오차 적분을 의미있는 데이터로 만들기 위한 전처리 과정이다.
- [0074] 이상의 과정에 따라 횡방향 모델 오차 인자를 도출하게 되며, (d)단계에서는 차량의 현재 가속도에 (c)단계에서 산출된 횡방향 모델 오차 인자를 합산하여 차량의 횡방향 최대마찰계수를 추정하는 과정이 이루어진다.
- [0075] 이때 본 발명은, (d)단계 이전에 수행되는, 차량의 현재 가속도를 산출하는 (ex)단계를 더 포함할 수 있다. 즉 (ex)단계는 (c)단계에서 산출된 횡방향 모델 오차 인자와의 합산을 위한 차량의 현재 가속도를 산출하는 과정이다.
- [0076] 그리고 도 4에는 차량의 현재 가속도를 산출하는 과정이 도시된다.
- [0077] 도 4에 도시된 바와 같이, (ex)단계는 차량의 무게중심위치에서 계측된 종방향 가속도를 산출하는 (ex-1)단계, 차량의 무게중심위치, 차량의 전륜 및 차량의 후륜 위치에서 계측된 횡방향 가속도를 산출하는 (ex-2)단계, (ex-2)단계에서 산출된 차량의 무게중심위치, 차량의 전륜 및 차량의 후륜 위치 각각에서의 횡방향 가속도의 중간값을 산출하여 최종 횡방향 가속도를 산출하는 (ex-3)단계 및 종방향 가속도와 최종 횡방향 가속도의 벡터합을 통해 차량의 현재 가속도를 산출하는 (ex-4)단계를 포함할 수 있다.
- [0078] 시뮬레이션 결과에 따르면, 매 선회 순간마다 차량의 무게중심위치, 차량의 전륜 및 차량의 후륜 위치에서 계측되는 횡가속도는 모두 다르게 나타난다. 이는 도 5에 나타난 그래프를 통해 이해될 수 있다.
- [0079] 따라서, 본 실시예에서는 대표값을 갖는 평균적인 횡가속도 산출을 위해, 차량의 전륜 및 차량의 후륜 위치에서 계측되는 횡가속도의 중간값을 대표 횡가속도로 선정하게 된다. 최대값을 가지는 횡가속도를 대표로 지정할 경우, 횡방향 최대마찰계수가 때때로 크게 산출되는 문제가 있기 때문이다.
- [0080] 이상을 고려하여, (d)단계에서는 추정되는 차량의 횡방향 최대마찰계수는 이하의 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

$$\mu_{peak} = \sqrt{Ax^2 + Ay^2} + \Delta\mu$$

- [0082]
- [0084] 여기서 $\Delta\mu$ 는 횡방향 모델 오차 인자를 나타낸다.
- [0085] 한편 (d)단계 이후에는, (d)단계에 의해 추정된 차량의 횡방향 최대마찰계수에 대한 신뢰도 추정 인덱스를 도출

하는 (e)단계가 수행될 수 있다.

[0086] 그리고 본 과정은, 이하의 수학적 식 7을 통해 이루어질 수 있으며, 도 6에는 이와 같은 과정을 통해 도출된 신뢰도 추정 인덱스가 도시된다.

수학적 식 7

$$\sigma = \frac{1}{k \Delta \mu}$$

[0088]

[0090] 이때 σ 값은 0.2 ~ 1사이로 제한될 수 있으며, $k=20$ 일 수 있다.

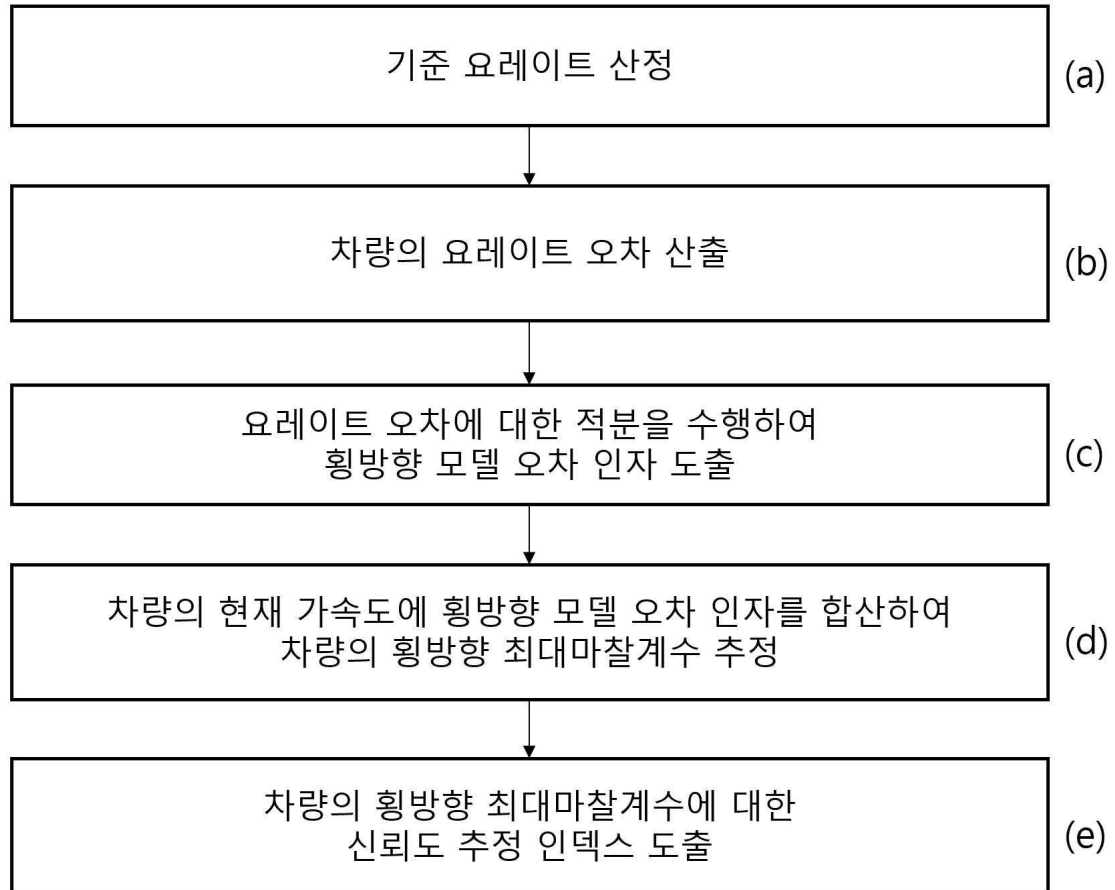
[0091] 즉 $\Delta \mu$ 가 작다는 것은 노면 한계가 가까워졌다는 것을 의미하고, 노면한계가 가까워졌다는 것은 노면 한계마찰 계수 추정치를 더 믿을 수 있다는 것을 의미하므로, 이를 통해 추정된 차량의 횡방향 최대마찰계수에 대한 신뢰도를 평가할 수 있다.

[0092] 한편 (e)단계에서는 신뢰도 추정 인덱스를 기반으로, 신뢰도가 상승할 경우에는 신뢰도 상승률의 제한을 적용하지 않으며, 신뢰도가 하락할 경우에는 기 설정된 기준에 따라 신뢰도 하락율의 제한을 적용할 수 있다.

[0093] 이상과 같이 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 살펴보았으며, 앞서 설명된 실시예 이외에도 본 발명이 그 취지나 범주에서 벗어남이 없이 다른 특정 형태로 구체화될 수 있다는 사실은 해당 기술에 통상의 지식을 가진 이들에게는 자명한 것이다. 그러므로, 상술된 실시예는 제한적인 것이 아니라 예시적인 것으로 여겨져야 하고, 이에 따라 본 발명은 상술한 설명에 한정되지 않고 첨부된 청구항의 범주 및 그 동등 범위 내에서 변경될 수도 있다.

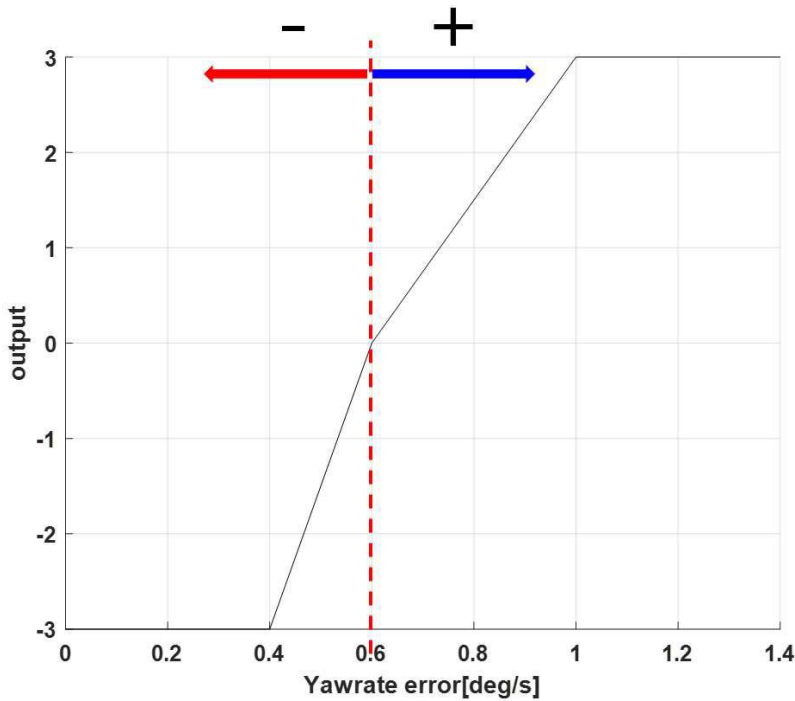
도면

도면1

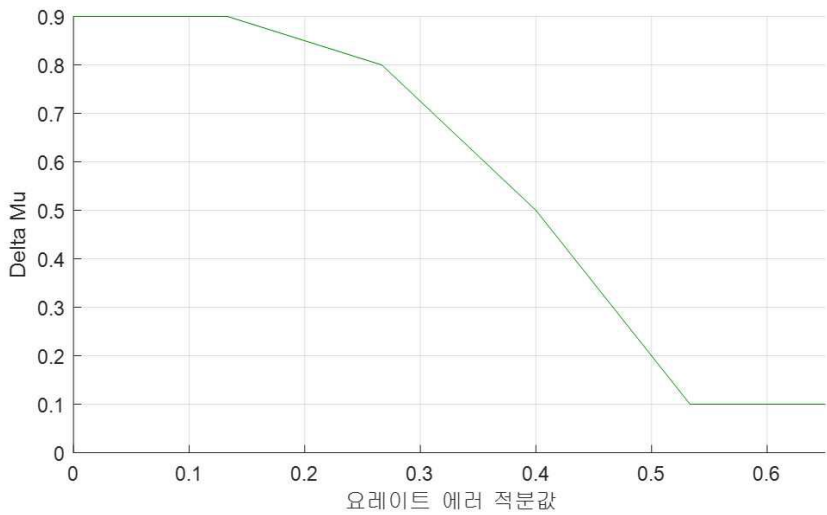


도면3

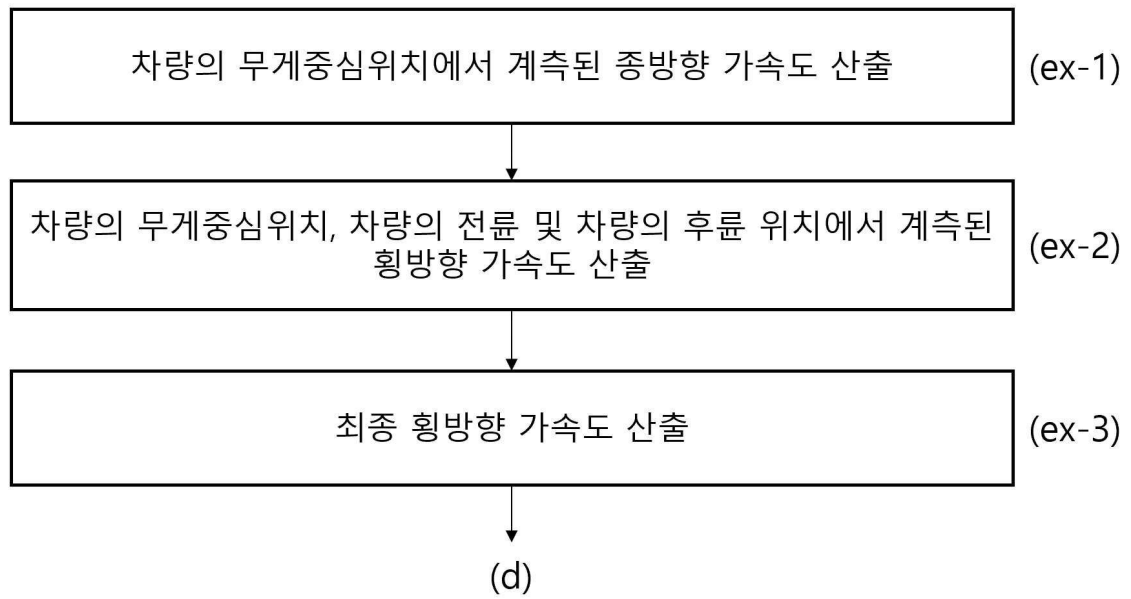
(A)



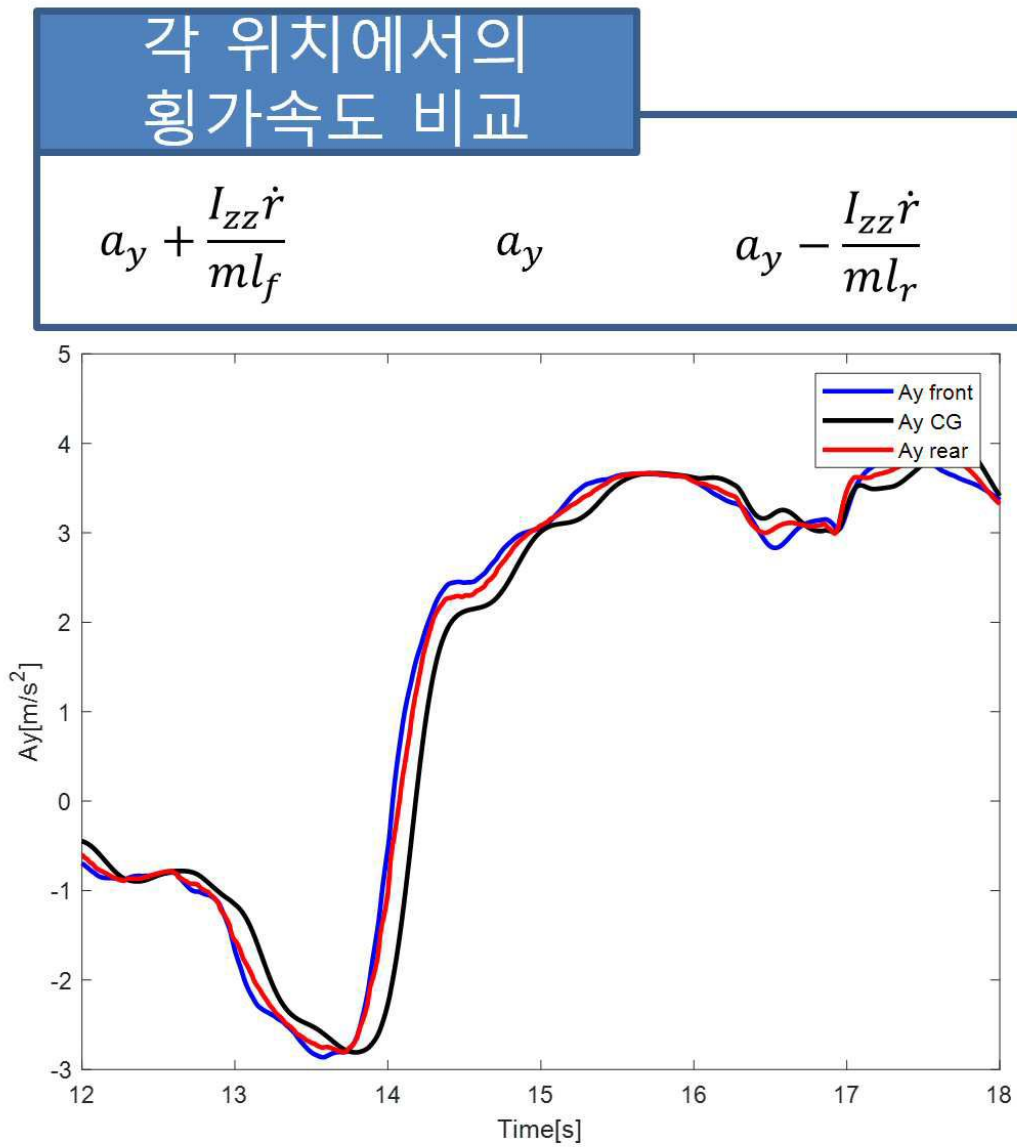
(B)



도면4



도면5



도면6

